

PAT-NO: JP359198868A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 59198868 A
TITLE: ROTOR OF SUPERCONDUCTIVE ROTARY
ELECTRIC MACHINE
PUBN-DATE: November 10, 1984

INVENTOR-INFORMATION:
NAME
KATSUKI, KENJI

ASSIGNEE-INFORMATION:
NAME COUNTRY
TOSHIBA CORP N/A

APPL-NO: JP58069995
APPL-DATE: April 22, 1983

INT-CL (IPC): H02K055/04
US-CL-CURRENT: 310/261

ABSTRACT:

PURPOSE: To average the margin of designing a field winding to a magnetic field by increasing a conductor sectional area for forming the turn of a coil of the strong portion of a magnetic field of a superconductive field winding larger than that for forming the turn of the other.

CONSTITUTION: A rotor of a superconductive rotary electric machine is formed by forming a central chamber 5 for accumulating liquid helium in the bore side of a shaft 2 and winding a superconductive field winding 1 on a pair of poles 3

of the outer periphery. At this time, the winding 1 is wound as a conductor with two strands 9 in parallel at the coil 1a near the poles, and as a conductor with one strand 9 of the same sectional area as the strand 9 of the coil 1a at the other coil 1b. Accordingly, the sectional area of the conductor near the pole of the strongest magnetic field is increased, the current density of the portion is reduced to average the margin of the entire field winding, thereby providing the safety and high efficiency.

COPYRIGHT: (C)1984,JPO&Japio

⑩ 日本国特許庁 (JP)
⑫ 公開特許公報 (A)

⑪ 特許出願公開
昭59—198868

⑬ Int. Cl.³
H 02 K 55/04

識別記号

庁内整理番号
8325—5H

⑭ 公開 昭和59年(1984)11月10日

発明の数 1
審査請求 未請求

(全 5 頁)

⑮ 超電導回転電機の回転子

横浜市鶴見区末広町2の4 東京
芝浦電気株式会社京浜事業所内

⑯ 特 願 昭58—69995
⑰ 出 願 昭58(1983)4月22日
⑱ 発 明 者 香月健治

⑲ 出 願 人 株式会社東芝
川崎市幸区堀川町72番地
⑳ 代 理 人 弁理士 井上一男

明 細 書

1. 発明の名称

超電導回転電機の回転子

2. 特許請求の範囲

- (1) 超電導界磁巻線を有する回転子において、界磁巻線の磁極部近傍に位置するコイルの各ターンの導体のうち、少なくとも内径側のターンの導体の断面積を他の部分のターンおよび他のコイルのターンの導体の断面積よりも大にしたことを特徴とする超電導回転電機の回転子。
- (2) 断面積の大なる導体は断面積の小なる導体を形成する素線と同一断面積の素線を2本並列にして形成したことを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の超電導回転電機の回転子。
- (3) 断面積の大なる導体は断面積の小なる導体を形成する素線より大なる断面積の素線を用いたことを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の超電導回転電機の回転子。

3. 発明の詳細な説明

(発明の技術分野)

本発明は回転子の超電導界磁巻線を改良した超電導回転電機の回転子に関する。

(発明の技術的背景とその問題点)

超電導回転電機の回転子では、その界磁巻線に超電導線を用い、液体ヘリウム等で極低温に保持している。このようにすると界磁巻線の電気抵抗がなくなり、損失なく大電流を流すことが出来るので強力な磁界が得られるためである。従つて損失の少ない高出力の回転電機となる利点があるため、近年その研究開発が急速に進められている。

しかし、この超電導線には、超電導線に流れる電流がある値 I_c 以上になつた時、又は超電導線の温度がある値 T_c 以上になつた時、又は超電導線に印加される磁界がある値 H_c 以上になつた時、いずれの場合でも超電導状態が抵抗の存在する常電導の状態に戻つてしまう特性があり、その時のそれぞれの値を臨界電流 I_c 、臨界温度 T_c 、臨界磁界 H_c と言つている。

この I_c 、 T_c 、 H_c にはそれぞれ密接な関係があり、たとえば T_c をパラメータとしてある温度 T_1 、 T_2 、 T_3

うにしてもよい。この場合は先に示した実施例よりも界磁巻線(1)の全ターン数が多くなる利点がある。

或いは又、断面積の異なる素線を用い、太い素線でターンを形成したコイルを磁極部近傍のコイル(1a)として使用してもよい。

〔発明の効果〕

以上説明したように、本発明によれば、超電導界磁巻線の磁界の強い部分のコイルのターンを形成する導体断面積を他のターンを形成する導体断面積より大にしたので、その部分の電流密度が小さくなり、界磁巻線の各部分の設計の余裕を平均化して、全体的により安全なより効率的な超電導回転電機の回転子を提供することが出来る。

4. 図面の簡単な説明

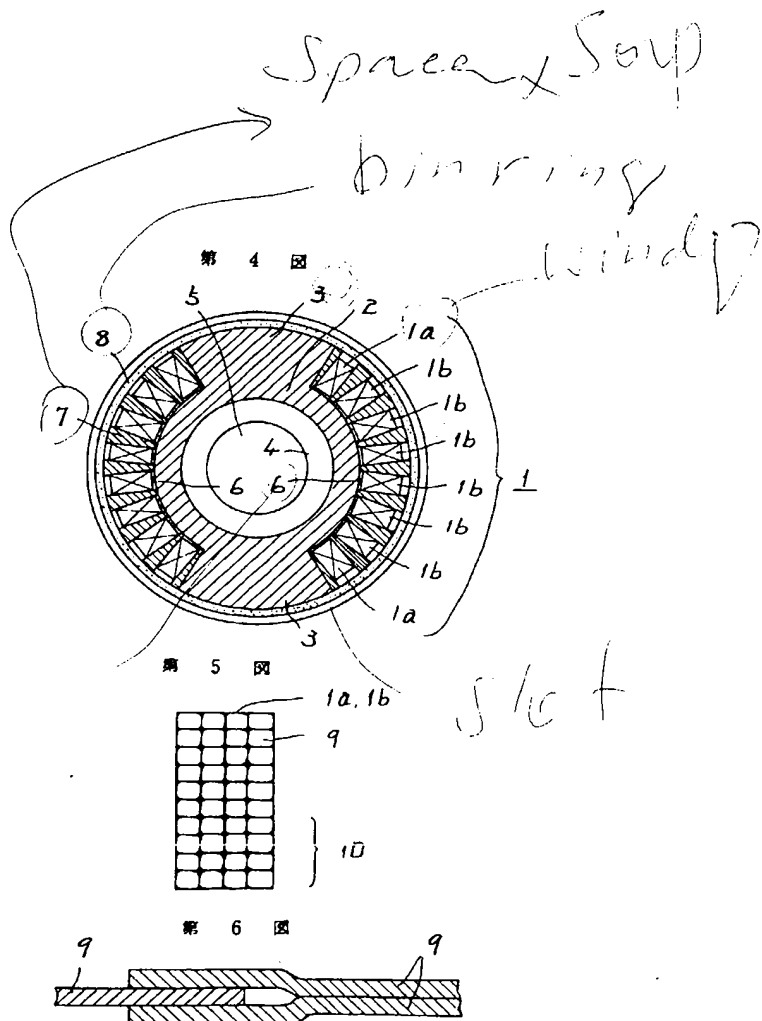
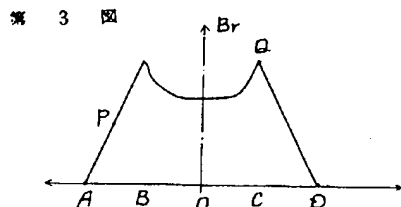
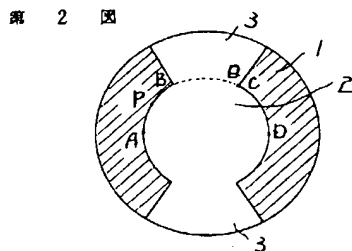
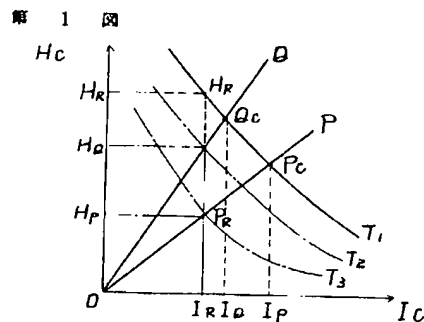
第1図は従来の超電導回転電機の回転子の界磁巻線の超電導線における磁界、電流、温度の関係を示す特性線図、第2図は第1図の回転子の横断概念図、第3図は第2図の回転子の界磁巻線内径面における半径方向磁束密度の分布図、第4図は

特開昭59-198868(4)

本発明の超電導回転電機の回転子の一実施例を示す横断面図、第5図は第4図のコイルを示す拡大横断面図、第6図は第5図の導体接続部を示す縦断面図、第7図は第4図の回転子の界磁巻線の超電導線における磁界、電流、温度の関係を示す特性線図である。

- | | |
|-------------|--------------|
| 1…界磁巻線 | 1a…磁極部近傍のコイル |
| 1b…他のコイル | 3…磁極部 |
| 9…導体を形成する素線 | 10…内径側 |

代理人 井理士 井 上 一 男



に対して $T_1 < T_2 < T_3$ とした時の I_c と H_c の特性線図を示すと第1図のようになる。この第1図から明らかな様に温度が一定の場合 H_c が大きくなれば I_c が小さくなり、 H_c が小さくなれば I_c が大きくなっている。この第1図では温度の曲線の左下側で超電導状態が成立し、右上部では常電導状態である。

超電導線で複数のコイルを作り、これらのコイルを同心状に配置して直列に接続し、超電導界磁巻線を形成した場合、超電導回転電機内の磁気回路はほとんどが透磁率 $\mu = 1$ の空気部なので、超電導界磁巻線に流れる電流が決まればそのコイルによつて生じるある場所の磁界は決まってしまう、その電流と磁界の大きさは正比例の関係となる。

次に第2図に示すような各コイル断面が円周方向に連続した界磁巻線(1)をシャフト部(2)の磁極部(3)の両側に2組対向して配設した場合を考察する。この場合、例えばコイル内径部を円周方向に見たラインA B C Dにおける半径方向の磁束密度成分

B_r の分布を見ると第3図に示す様になる。この第3図から明らかな様に、磁束密度成分が最も大きな所は磁極部(3)近傍のコイルということが判る。この様な関係はコイル内径部ラインより半径がもう少し大きくなつた所でも同様なことが言える。

よつてコイルの磁極部(3)近傍の点(今回の説明ではコイル内径側)をQとし、磁極部(3)近傍からある程度離れた点をPとすると、このQ点、P点の磁束密度は界磁コイルの電流によつて決まり、この電流と磁界の関係を第1図上に記入すると、それぞれ直線OPとOQで表わされる。この第1図から界磁巻線(1)内の各コイルに定格電流 I_R が流れている場合、P点、Q点にはそれぞれ H_P と H_Q の磁界が生じていることが判る。そしてもし温度が T_1 で一定の場合、電流を増加させるとP点より先にQ点が I_Q の電流で T_1 の特性曲線で示される境界に達してそれ以上流せない事が判る。要するにP点では I_P まで流せられるが、Q点では I_Q までしか流せられないので、この点で制限を受ける事が判る。又、電流が一定で温度が変化した場合、

P点は T_3 度まで超電導状態であるが、Q点はずっと温度の低い T_2 度までで超電導は破壊してしまい。温度が T_1 で電流が I_R で一定の場合にも上記と同様で、常電導化が生じる臨界磁界 H_R に対してQ点の方が余裕はるかに少ない状態になつている。

さらに超電導回転電機の回転子の超電導界磁巻線を設計する場合には、超電導線が回転電機運転中に電機子巻線短絡による外部変動磁界の影響を受けて常電導化への転位が生じないように、運転時の磁界、電流、温度に余裕を持たせて設計しなければいけない。この場合、前述した様に、電流と温度は界磁巻線全体でほぼ均一なので、界磁巻線のどの場所でも同程度の余裕を有する設計となるが、磁界に関しては界磁巻線中の各コイルの占める場所によつて余裕が異なり、磁極部(3)の近傍の部分即ちQ点の磁束が最大であつて、余裕が最小となつている。よつて界磁巻線設計上は、この磁極部(3)近傍の最大磁束に対して適当な比率の余裕を考慮して設計しなければいけないことになる。

ところが、この磁極部近傍の最大磁束は、第3

図に示した様にほんの一部のみであり、他の界磁巻線の大部分の所はもつと磁束レベルが少なくなつており、余裕が多くある状態になつている。

言いかえれば、従来の超電導回転電機の回転子の界磁巻線は磁極部近傍のほんの一部に生じる高い磁束によつて設計レベルが制限され、界磁巻線の他のほとんどの部分に対しては非常に余裕の大きい、効率の悪いものにならざるを得なかつた。

(発明の目的)

本発明は磁界に対する界磁巻線の設計の余裕を平均化して、全体的により安全なより効率的な超電導回転電機の回転子を提供することを目的とする。

(発明の概要)

本発明においては、超電導界磁巻線を有する回転子において、界磁巻線の磁極部近傍に位置するコイルの各ターンの導体のうち、少なくとも内径側のターンの導体の断面積を他の部分のターンおよび他のコイルのターンの導体の断面積よりも大にすることによつて、磁界の強い部分のコイルの

ターンの導体の電流密度を小にし、磁界に対する安全率を均一化し、界磁巻線の効率を高めるものである。

(発明の実施例)

以下、本発明の一実施例について、第4図ないし第6図を参照して説明する。第4図は本実施例の超電導界磁巻線を有する回転子の中心部横断面図を示す。但し、第5図は本実施例で重要な界磁巻線近傍の構造物のみを示してある。回転子シャフト(2)の内径側には液体ヘリウム(4)を溜めておく中心室(5)が有る。シャフト(2)の外周には1対の磁極部(3)、(3)が有り、スロット部(6)、(6)を形成している。スロット部(6)内には磁極部近傍に位置するコイル(1a)と他の中央部のコイル(1b)とを同心状に巻装した界磁巻線(1)が配置されている。各コイル(1a)、(1b)間および磁極部(3)とそれに隣接するコイル(1a)との周方向における間には、軸方向に伸びた断面楔状の絶縁物から成るスペーサ(7)が配置されている。このコイル(1a)、(1b)スペーサ(7)の外周には、それらの遠心力およびコイル(1a)、

(1b)の電磁力に対して固定する為のバインドリング(8)が有る。

第5図にコイル(1a)又は(1b)の断面図を示す。コイル(1a)、(1b)は超電導の素線(9)を導体として何回も巻回して出来上っている。その巻き方は磁極部近傍のコイル(1a)では2本の素線(9)を並列にして1本の導体として巻回してあり、その他のコイル(1b)では前記コイル(1a)の素線(9)と同一断面積の1本の素線(9)を1本の導体として巻回してある。そして各コイル(1a)、(1b)は直列に接続して界磁巻線(1)を形成する。素線(9)1本の導体と素線(9)2本の導体との接続部は第6図に示すように挟み込み式によつて接続する。この場合1個のコイル(1a)又は(1b)の断面は素線(9)数を偶数個としておくので、磁極部近傍のコイル(1a)は他のコイル(1b)に対してターン数が半分になるだけで、断面積は同一である。

次に作用について説明する。

第1図で示したものと同様に本実施例の界磁巻線(1)における超電導線の磁界、電流の関係を示す

直線と温度が変化した時の特性線図を第7図に示す。

第7図において、超電導線の温度 T_1 、 T_2 、 T_3 における特性は従来の第1図と同じであり、中央部のコイル(1b)の磁界、電流の関係 \overline{OP} は第1図の \overline{OP} とほとんど近い値を示す。しかし第1図で最も磁界の高い磁極部近傍のコイル(1a)の内径側のQ点では、導体の断面積が2倍であるから電流値が第1図の \overline{OQ} に相当する $\overline{OQ'}$ の半分の \overline{OQ} という関係になる。よつて本実施例の界磁巻線(1)を定格電流 I_R 状態で運転している時は、中央側のコイル(1b)は第7図の P_R 点と同一温度 T_3 の条件を維持する場合、磁極部近傍のコイル(1a)は $1/2$ の電流即ち $I_R/2$ に対する Q_R 点の磁界が許容されることになる。

よつて本実施例の界磁巻線では、例えば温度 T_3 で一定の場合、従来の界磁巻線では I_Q までしか流せなかつたものが、 I_Q の2倍か、又は I_P の値の何れか少ない方の値まで流せることになり、安全に流せる許容電流値が非常に大きくなる。

又、電流が一定で温度が変化した場合、従来の界磁巻線では T_3 度までしか許容出来なかつたものが、本実施例の界磁巻線では、より温度の高い T_3 度まで安全に使用出来る事が判る。温度と電流が一定で磁界が変化した時の余裕も従来のように H_R/H_Q の比でなく、 H_R/H_P か又は(H_R 以上の値)/ H_Q の比となるので、安全率が高くなる。

もし本実施例の温度、電流、磁界に対する安全率を従来程度になる様に電流値を上げれば、同一形状の界磁巻線で出力磁界の大きい効率の良い回転子となる。

本発明は特に前記の一実施例の構造のみに限定されるものではなく、要するに界磁巻線(1)を構成するコイル(1a)、(1b)の全体の中で、特に磁界の高い所の部分を局部的に超電導線の電流密度を下げる事がポイントである。よつて例えば磁極部近傍のコイル(1a)において、特にその中で磁界が高いのはコイル内周側なので、第5図に示したコイル内径側(10)のターンの導体のみを2本の素線を並列にして、他は1本の素線を使用するというよ

第 7 図

